

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 758 655

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 97 00593

(51) Int Cl⁶ : H 01 L 27/146, H 01 L 21/98 // A 61 B 6/00, H 04 N 5/321

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 21.01.97.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 24.07.98 Bulletin 98/30.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : THOMSON TUBES ELECTRONIQUES — FR.

(72) Inventeur(s) : VIEUX GERARD, SPINNLER VINCENT, NICOLLET ANDRE, MICHAILOS JEAN et GUILLOUD JEAN PAUL.

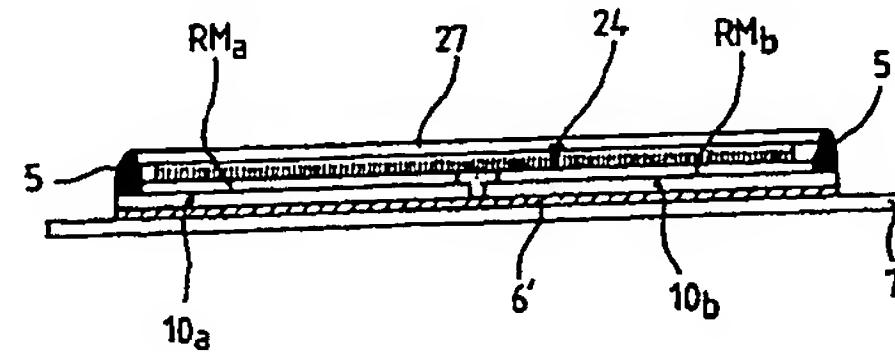
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : THOMSON CSF.

(54) PROCÉDÉ DE REALISATION D'UN détECTEUR DE RADIOGRAPHIE PAR ASSEMBLAGE DE DALLES ELEMENTAIRES ET détECTEUR ainsi obtenu.

(57) L'invention concerne des détecteurs de radiographie de grande dimension. Ces détecteurs sont du type comprenant plusieurs dalles élémentaires unitaires (10 - 10_b) en silicium amorphes. Ces dalles élémentaires unitaires (10 - 10_b) sont assemblées par juxtaposition et collage pour former une dalle composite de grande dimension et recouverte d'un scintillateur (24).

Selon l'invention, le scintillateur (24) est obtenu par évaporation sous vide directement sur la dalle composite en silicium amorphe. Le collage des dalles (10 - 10_b) est réalisé par utilisation d'une résine silicone bicomposant (6') polymérisant par polyaddition. §.



**PROCEDE DE REALISATION D'UN DETECTEUR DE
RADIOGRAPHIE PAR ASSEMBLAGE DE DALLES ELEMENTAIRES
ET DETECTEUR AINSI OBTENU**

5 La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un détecteur de radiographie du type comprenant un assemblage de dalles élémentaires unitaires photosensibles.

L'invention concerne également un détecteur réalisé selon le procédé.

10 Un scintillateur selon l'art connu est décrit, à titre d'exemple non limitatif, dans la demande de brevet français FR-A-2 636 800 (THOMSON-CSF).

15 Le fonctionnement et la structure générale d'un détecteur de rayonnement X à l'état solide vont être maintenant rappelés en regard de la description des figures 1a à 1e annexées à la présente description.

Selon la technologie actuelle, les détecteurs de rayonnement sont réalisés à base d'une ou plusieurs matrices d'éléments photosensibles à l'état solide. Les éléments 20 photosensibles à l'état solide connus ne sont pas sensibles directement aux rayons de longueurs d'onde très courtes, comme le sont les rayons X. Il est nécessaire de les associer à un organe scintillateur. Celui-ci est réalisé en une substance qui a la propriété, lorsqu'elle est excitée 25 par des rayons X, d'émettre une lumière dans une gamme de longueurs d'onde plus grandes : dans le visible (ou le proche visible). La longueur d'onde précise dépend de la substance utilisée. Le scintillateur agit donc comme un convertisseur de longueurs d'onde. La lumière visible ainsi 30 générée est transmise aux éléments photosensibles qui effectue une conversion photoélectrique de l'énergie

lumineuse reçue en signaux électriques exploitables par des circuits électroniques appropriés.

Les figures 1a et 1b représentent deux coupes latérales, orthogonales l'une à l'autre, d'une matrice 5 d'éléments photosensibles associée classiquement à une feuille d'une substance scintillatrice.

Chaque élément photosensible comporte une photodiode ou un phototransistor, sensible aux photons, dans le visible ou le proche visible. A titre d'exemple, comme illustré sur 10 les figures 1a à 1d, chaque élément photosensible est constitué, par exemple, de deux diodes, D_{mn1} et D_{mn2} , disposées tête-bêche et le réseau matriciel RM comporte des conducteurs de colonnes, Cc_1 à Cc_x , et des conducteurs de lignes, C_l_1 à C_l_y . Chacune des diodes, D_{mn1} et D_{mn2} , 15 constitue de manière connue, une capacité quand elle est polarisée en inverse. La première diode, D_{mn1} , a une capacité typiquement dix fois moins importante que la capacité de la seconde diode, D_{mn2} . Elle joue principalement le rôle de commutateur, alors que la seconde diode est 20 préférentiellement photodéTECTrice.

A chaque croisement d'une ligne et d'une colonne, par exemple de la ligne C_l_n et de la colonne Cc_m (voir Figure 1d), on dispose un tel ensemble de deux diodes tête-bêche, D_{mn1} et D_{mn2} . Les diodes peuvent être remplacées par 25 des transistors réalisés en technologie "TFT", de l'anglo-saxon "Thin Film Transistor" ou "transistor en couches minces".

Les conducteurs 12 (figures 1a et 1b) sont constitués par un dépôt de métal sur un substrat isolant 10, 30 de préférence du verre. Le dépôt est suivi d'une opération de photogravure, pour obtenir des pistes conductrices parallèles de largeur appropriée. Les diodes (par exemple, D_{mn1} et D_{mn2}) sont formées par dépôt, sur les pistes conductrices de colonnes 12, puis gravure, des couches de 35 silicium amorphe (Sia), intrinsèque ou dopé à l'aide de

matériaux semi-conducteurs de type P ou N. Une couche très fine de matériau conducteur, de préférence transparent, est déposée sur la couche isolante 20, de manière à former, après gravure, les pistes conductrices de lignes 22 du 5 réseau matriciel RM.

L'ensemble précédemment décrit forme ce qui est généralement appelé une "dalle de silicium amorphe" élémentaire unitaire.

Les conducteurs de lignes, Cl_1-Cl_x , et les 10 conducteurs de colonnes, Cc_1-Cc_y , constituent les électrodes de polarisations des condensateurs de diodes. Ces derniers stockent des charges électriques lorsqu'elles sont soumises à un rayonnement lumineux et délivrent un signal électrique, proportionnel à la charge stockée, lorsqu'elles sont polarisées électriquement. L'adressage des conducteurs de lignes, Cl_1-Cl_x , et des conducteurs de colonnes, Cc_1-Cc_y , s'effectue selon une chronologie appropriée, de manière à ce que tous les pixels p_{mn} soient polarisés séquentiellement dans un ordre prédéterminé. Le signal délivré par chaque 15 pixel p_{mn} est ainsi récupéré et traité par des circuits électroniques externes (non représentés), de façon à reconstituer (point par point) l'image stockée sous forme de 20 charges électriques.

Les signaux sont récupérés dans des zones de 25 connectique respectives, 3 et 4, pour les lignes, Cl_1-Cl_x , et les colonnes, Cc_1-Cc_y . Les connexions avec les circuits électroniques externes peuvent être réalisées à l'aide de câbles souples multiconducteurs, 30 et 40, respectivement.

On doit généralement prévoir des séquences dites de 30 "remise à niveau optique" des pixels p_{mn} , une fois que les signaux ont été délivrés par ceux-ci. La chronologie des signaux d'adressage est adaptée en conséquence. On insère, entre les signaux de lecture des séquences de remise à niveau optique. Elles consistent à effectuer un éclairage 35 généralisé des pixels p_{mn} , après lecture. Ces séquences ont

pour objet de rétablir un état de référence électrique sur les pixels p_{mn} qui ont été perturbés au cours des phases de stockage et de lecture des charges.

Cet éclaircissement généralisé est effectué par la face 5 arrière de la dalle de verre 10, laquelle doit être suffisamment transparente aux longueurs d'onde de la lumière utilisée.

Comme il a été indiqué, les éléments photosensibles doivent être illuminés par de la lumière visible (ou dans 10 une gamme proche de la lumière visible). Il est nécessaire de disposer d'un scintillateur qui convertit les rayons X en énergie lumineuse, dans le spectre des longueurs d'onde visibles. Pour ce faire, il suffit de recouvrir la dalle silicium amorphe, précédemment décrite, d'une couche de 15 substance scintillatrice 24. A titre d'exemple, pour un détecteur sensible aux rayons X de l'ordre de 60 KeV, on utilise comme substance scintillatrice de l'iodure de césium (CsI) dopé à l'iodure de sodium (NaI) ou de thallium (TlI), selon que l'on souhaite obtenir un signal lumineux de 20 longueur d'onde 390 nm ou 550 nm, respectivement.

La dalle de silicium amorphe qui vient d'être décrite est réalisée par évaporation sous vide de couches minces de matériaux sur la dalle de verre. Les dimensions de la dalle de verre doivent être compatibles avec les 25 capacités dimensionnelles actuelles des machines de réalisation du dépôt.

Or, le besoin s'est fait sentir de disposer de dalles de grandes dimensions, ces dimensions étant incompatibles avec les machines de dépôt précitées. Aussi, il est 30 nécessaire d'avoir recours à des dalles élémentaires unitaires, de plus petites dimensions, qui sont assemblées par juxtaposition les unes par rapport aux autres. À titre d'exemple non limitatif, on assemble damier de quatre dalles unitaires élémentaires pour former une dalle composite de 35 grande dimension. Un tel procédé d'assemblage est décrit,

par exemple, dans la demande de brevet français FR-A-2 687 494 (THOMSON TUBES ELECTRONIQUES). Les dalles unitaires conservent leur autonomie en ce qui concerne l'adressage de leurs propres pixels p_{mn} .

5 Selon l'art connu, illustré par la demande de brevet français ci-dessus, l'assemblage des dalles est réalisé par juxtaposition et collages de dalles unitaires standards sur un support rigide commun.

10 Les dalles unitaires sont découpées précisément sur deux côtés de leur périphérie libres de la zone de connectique, afin que les zones actives de pixels affleurent au bord de la dalle découpée. Les dalles découpées sont ensuite positionnées les unes par rapport aux autres afin de préserver la continuité de la zone active de pixels et leur
15 pas, d'une dalle à l'autre.

L'assemblage est réalisé par collage d'un support commun sur les dalles découpées et positionnées. Ce support doit être également suffisamment transparent à la lumière visible afin d'autoriser la remise à niveau optique des
20 pixels de l'ensemble des dalles unitaires ainsi assemblées.

La méthode la plus simple de réalisation du scintillateur est de déposer une couche d'iodure de césium (CsI) dopée sur un substrat quelconque, de recuire ce substrat afin d'obtenir les propriétés de luminescence
25 désirée et de rapporter cet ensemble, scintillateur contre l'ensemble collé. Le scintillateur peut être rapporté ou couplé optiquement sur la dalle par collage.

La protection du scintillateur contre l'humidité peut être assurée ensuite par un scellement étanche de la
30 périphérie de son substrat sur l'ensemble collé.

Un détecteur, selon l'art connu, du type décrit, est représenté en coupe par la figure 1e annexée à la présente description.

Le détecteur comprend plusieurs dalles élémentaires unitaires, dont deux sont visibles, 10_a et 10_b. Ces dalles élémentaires unitaires, 10_a et 10_b, sont assemblées et collées sur un support commun 7, à l'aide d'un film de colle 6. Les réseaux matriciels de pixels, RM_a et RM_b, ont été déposés au préalable sur les dalles, 10_a et 10_b. Le scintillateur 24 et son substrat 26 sont disposés au-dessus des dalles, 10_a et 10_b, et les recouvrent entièrement, le substrat 26 étant tournés vers l'extérieur de façon à protéger le scintillateur 24. De façon optionnelle, on peut insérer une couche 8 de matériau de couplage optique entre le scintillateur 24 et les réseaux matriciels de pixels, RM_a et RM_b. Le scellement étanche est obtenu par un cordon de colle périphérique 5. Pour simplifier les dessins, on n'a pas représenté, sur la figure 1e, les zones de connectique ni les câbles sortants.

Les performances obtenues avec un scintillateur ainsi réalisé sont toutefois moyennes, notamment en terme de résolution. On observe en effet une réfraction de la lumière visible issue du scintillateur, soit dans l'épaisseur de la colle dans le cas du couplage sur la dalle, soit dans l'épaisseur de la lame d'air difficile à maîtriser dans le cas du plaquage sur la dalle.

L'invention se fixe pour but de pallier les inconvénients dus au procédé de réalisation de détecteurs selon l'art connu.

Pour ce faire, le scintillateur selon l'invention est réalisé par évaporation directe sur les dalles élémentaires unitaires assemblées. Le scintillateur est alors en contact direct et intime avec la dalle, sans matériau intermédiaire. La diffusion de lumière à l'interface dalle/scintillateur et la perte de résolution qui en résulte sont ainsi minimisées.

Cependant, ce procédé de réalisation entraîne des contraintes sur l'assemblage collé et qui seront explicités ci-après.

Aussi, un second but que se fixe l'invention est de 5 pallier ces difficultés en proposant un mode particulier de collage.

L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'un détecteur de radiographie constitué par l'association d'un organe photosensible et d'un 10 scintillateur, ledit organe photosensible étant constitué d'au moins deux dalles élémentaires unitaires, chaque dalle élémentaire unitaire comportant une pluralité d'éléments actifs ou pixels, le procédé comprenant les étapes suivantes :

15 a/ formation de ladite pluralité d'éléments actifs ou pixels sur chaque dalle élémentaire unitaire ;

b/ juxtaposition desdites dalles élémentaires unitaires pour former une dalle composite de plus grande dimension ;

20 c/ collage sur un support commun ;

caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins l'étape suivante :

d/ réalisation dudit scintillateur par évaporation directe, sur ladite dalle composite, d'une substance à 25 propriétés scintillatrices.

L'invention a encore pour objet un détecteur de radiographie ainsi réalisé.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la

description qui suit en référence aux figures annexées, et parmi lesquelles :

- les figures 1a à 1e illustrent schématiquement le fonctionnement et la structure d'un détecteur de radiographie selon l'art connu;
- 5 - la figure 2 illustre un exemple de réalisation d'un détecteur radiographie conforme à l'invention.

On va décrire le procédé selon l'invention par référence à un mode de réalisation du détecteur selon 10 l'invention.

La figure 2 illustre, en coupe, un exemple de réalisation d'un détecteur de radiographie selon l'invention.

La structure générale d'un détecteur de radiographie, telle qu'elle a été rappelée en regard des figures 1a à 1e, est conservée. Les éléments communs avec le détecteur de la figure 1e portent les mêmes références et ne seront redécrits qu'en tant que de besoin.

Selon une caractéristique importante de l'invention, 20 la couche de substance scintillatrice 24 est réalisée par évaporation directe sur les dalles assemblées, 10_a et 10_b. L'iodure de césium (CsI) est évaporée par chauffage et se redépose directement sur le substrat constitué par l'ensemble collé lui-même.

25 Pour ce faire, on utilise un creuset porté à une température d'environ 800 °C. La substance scintillatrice s'évapore et, ensuite après refroidissement, se condense, occasionnant le dépôt d'une couche typiquement d'épaisseur 500 µm.

30 Cette solution présente l'avantage d'obtenir un scintillateur en contact direct et intime avec la dalle sous-jacente, sans matériau intermédiaire. La diffusion de lumière à l'interface dalle, 10_a-RM_a et 10_b-RM_b, et

scintillateur 24, et la perte de résolution qui en découlent sont ainsi minimisées.

La protection du scintillateur 24 contre l'humidité peut ensuite être réalisée en posant au-dessus une feuille 5 27 en matériau étanche à l'humidité, comme de l'aluminium. Cette feuille doit par ailleurs être transparente au rayonnement X. On peut utiliser, à titre d'exemple de l'aluminium, un matériau plastique ou du verre. La feuille 28 forme une "fenêtre d'entrée" pour le rayonnement X.

10 On réalise ensuite l'étanchéité de l'ensemble par scellement, par exemple à l'aide d'un cordon de colle 5, recouvrant, à la fois, la périphérie des dalles, 10_a et 10_b, et la feuille 28.

Cependant, bien qu'apportant une grande amélioration 15 de la résolution, pour les raisons indiquées, le procédé de réalisation selon l'invention entraîne des contraintes sur l'assemblage collé.

Pour la réalisation d'un détecteur de radiographie de grande dimension et de performances en résolution satisfaisantes, l'assemblage doit être compatible avec le procédé 20 selon l'invention d'évaporation directe sur dalle.

D'une part, afin de permettre la réalisation de la remise à niveau optique des pixels (figure 1d : p_{mn}) par la face arrière, le collage doit être suffisamment transparent 25 à la lumière visible.

D'autre part, afin de permettre la réalisation du scintillateur 24 par évaporation directe, le film de colle, ici référencé 6', doit supporter le recuit de luminescence de la couche d'iodure de césum (CsI), soit typiquement de 30 300 °C ± 50 °C. Il doit être suffisamment souple pour supporter les différences de coefficients de dilatation des matériaux à coller, dalles unitaires, 10_a et 10_b, et support commun 7, qui ne sont pas, a priori, identiques.

Enfin, l'assemblage collé (dalles unitaires, 10_a et 10_b, et support 7) doit subir des contraintes environnementales et mécaniques. Il doit résister aux chocs, vibrations et secousses. Le film de colle 6' doit posséder 5 des caractéristiques de souplesse suffisante pour résister à ces contraintes mécaniques.

Selon une autre caractéristique importante du procédé de l'invention, l'opération de collage est effectuée en ayant recours à une résine silicone bicomposant. Cette 10 résine se polymérise par polyaddition. Elle satisfait, après polymérisation, les exigences énoncées ci-dessus, à savoir transparence optique suffisante, résistance à la température de recuit et souplesse mécanique.

A la lecture de ce qui précède, on constate aisément 15 que l'invention atteint bien les buts qu'elle s'est fixés.

Elle permet tout à la fois une résolution améliorée, par le mode de réalisation (évaporation sous vide) du scintillateur, et un collage des dalles sur leur support commun à l'aide d'une résine silicone bicomposant 20 polymérisable par polyaddition.

RENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un détecteur de radiographie constitué par l'association d'un organe photosensible et d'un scintillateur (24), ledit organe photosensible étant constitué d'au moins deux dalles élémentaires unitaires (10_a, 10_b), chaque dalle élémentaire unitaire comportant une pluralité d'éléments actifs ou pixels (RM_a, RM_b), le procédé comprenant les étapes suivantes :
 - 10 a/ formation de ladite pluralité d'éléments actifs ou pixels (RM_a, RM_b) sur chaque dalle élémentaire unitaire (10_a, 10_b) ;
 - 15 b/ juxtaposition desdites dalles élémentaires unitaires (10_a, 10_b) pour former une dalle composite de plus grande dimension ;
 - c/ collage sur un support commun (7) ;

caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins l'étape suivante :

 - 20 d/ réalisation dudit scintillateur (24) par évaporation directe, sur ladite dalle composite (10_a-10_b), d'une substance à propriétés scintillatrices.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite substance à propriétés scintillatrices est de l'iodure de césium et en ce que ladite étape de réalisation du scintillateur (24) comprend l'évaporation, par chauffage, de cette substance et son dépôt sur ladite dalle composite (10_a-10_b).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la température dudit chauffage est sensiblement égale à 800 °C.

5 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire consistant à recouvrir le scintillateur (24) ainsi obtenu par une feuille (28) de matériau étanche à l'humidité, pour former une fenêtre dite "d'entrée" du détecteur.

10 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit matériau étanche à l'humidité est choisi parmi les suivants : aluminium, verre ou matière plastique.

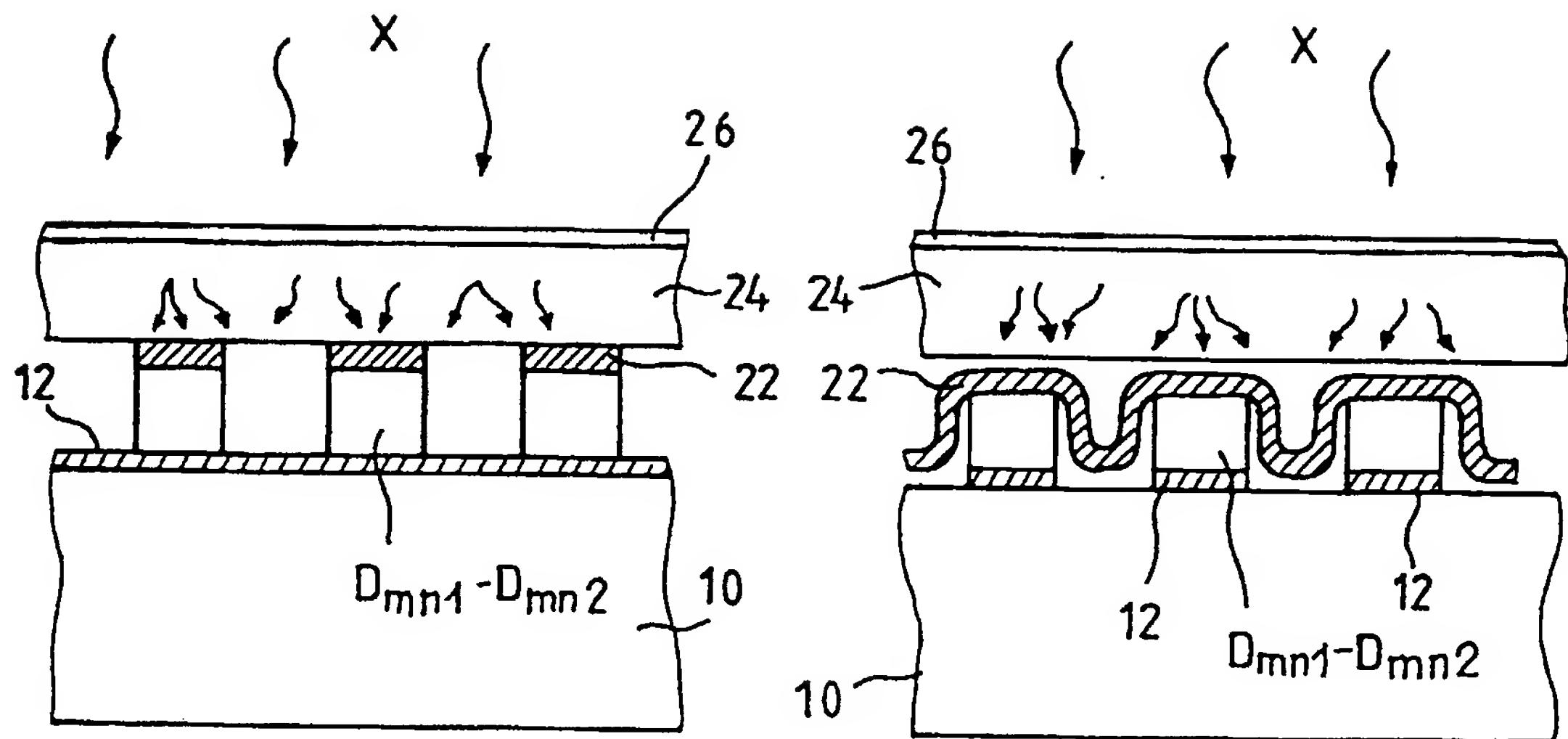
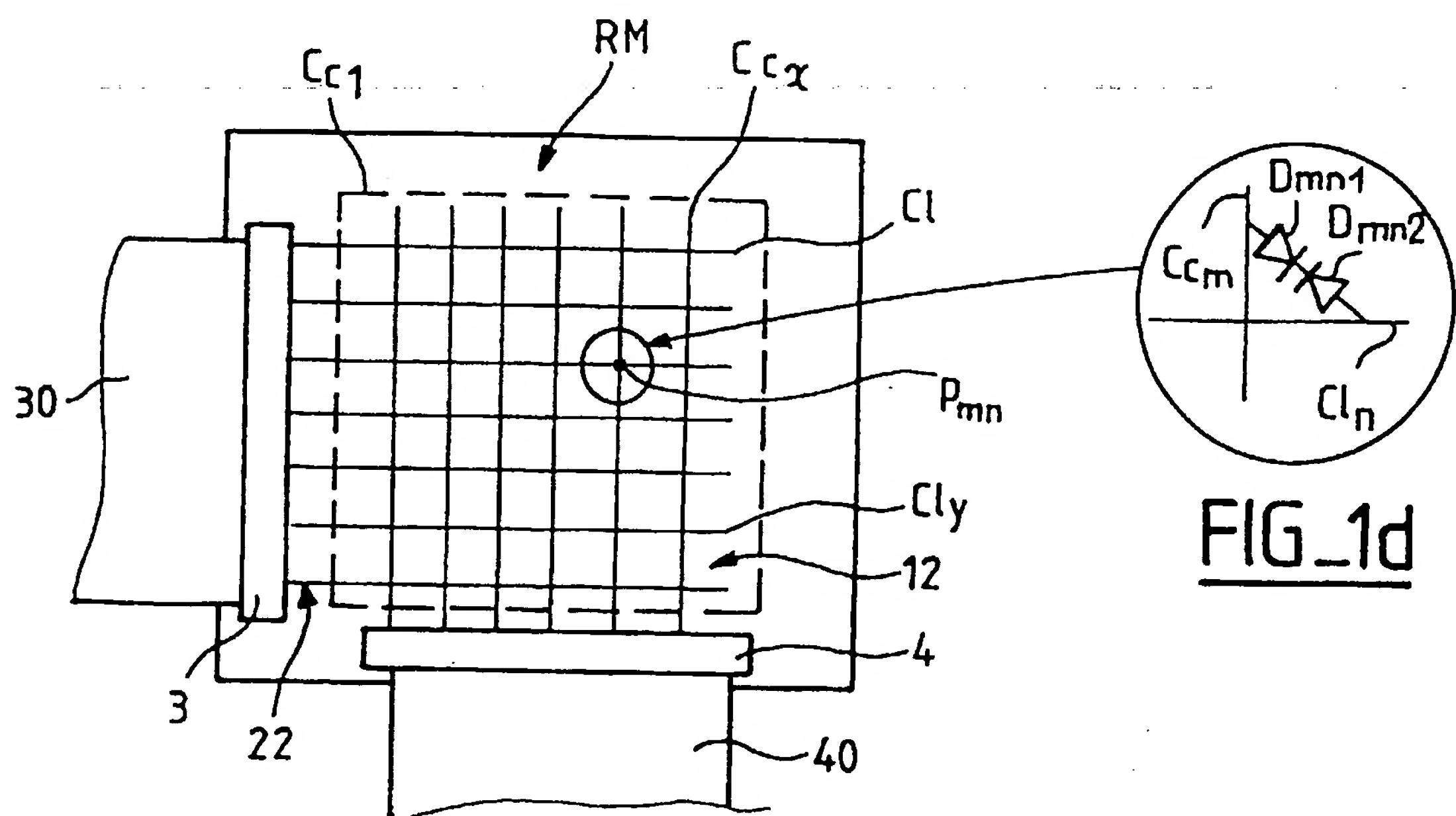
15 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire consistant à sceller la périphérie ladite fenêtre d'entrée (28) du détecteur sur l'ensemble constitué par ladite dalle composite collée sur ledit support commun.

20 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le scellement est réalisé à l'aide d'un cordon de colle (5).

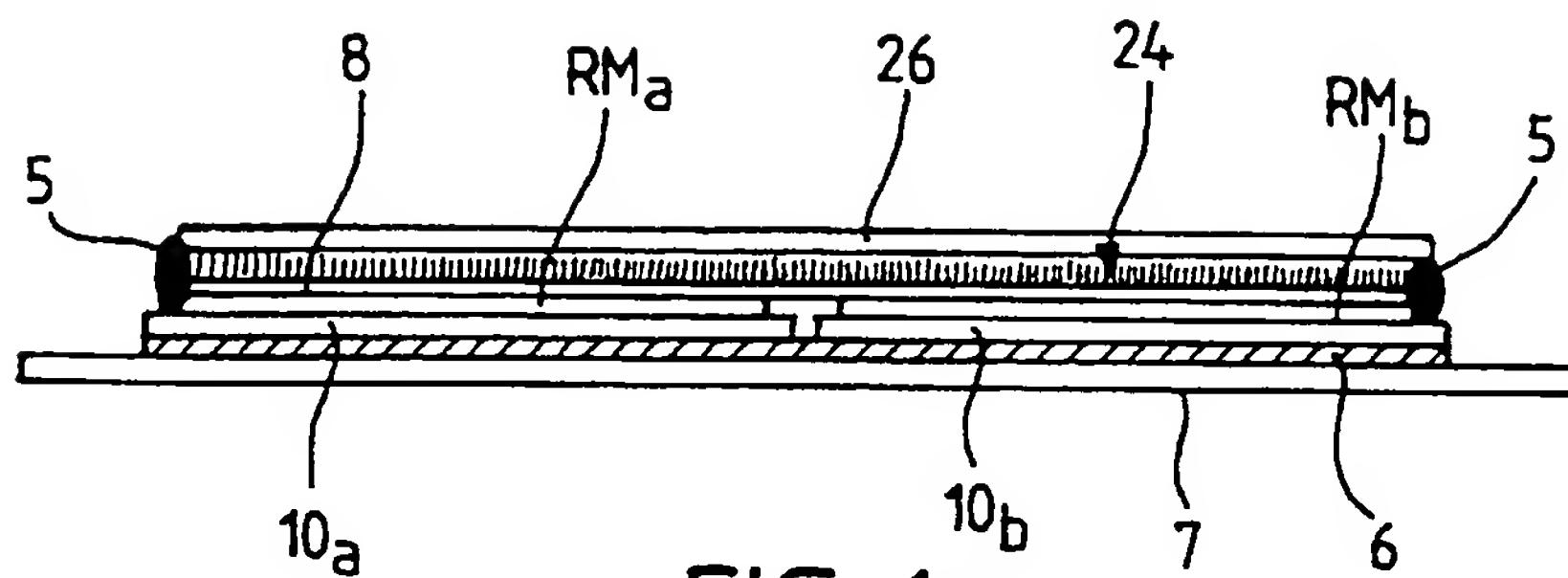
25 8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de collage est réalisée par l'utilisation d'une résine silicone bicomposant et sa polymérisation par polyaddition.

9. DéTECTEUR de radiographie caractérisé en ce qu'il est réalisé selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes.

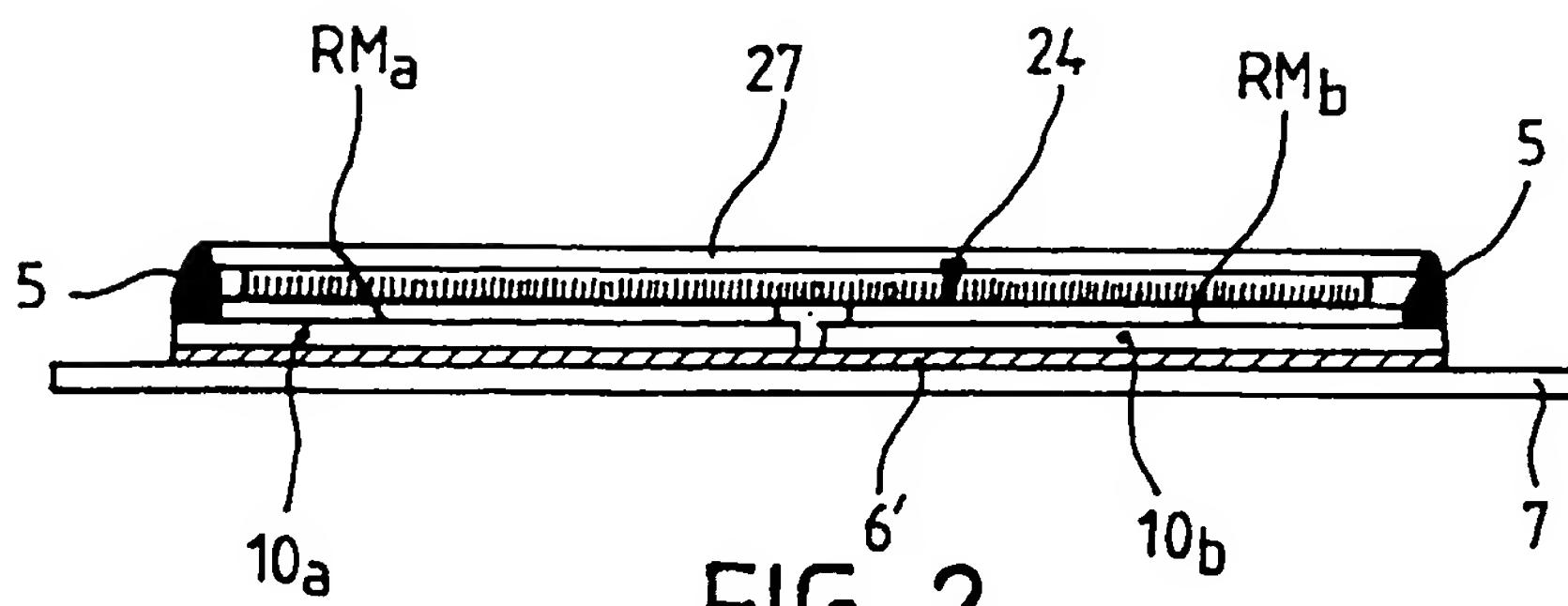
1/2

FIG_1aFIG_1bFIG_1cFIG_1d

2/2



FIG_1e



FIG_2

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
nationalFA 540398
FR 9700593

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US 5 381 014 A (JEROMIN LOTHAR S ET AL) 10 janvier 1995 * abrégé; figures 1A,4 * * colonne 1, ligne 48 - colonne 2, ligne 15 * * colonne 4, ligne 5 - ligne 21 * * colonne 4, ligne 48 - ligne 64 * ---	1,2,4,5, 7,9
Y	EP 0 529 981 A (GEN ELECTRIC) 3 mars 1993 * abrégé; figure 1 * * colonne 1, ligne 26 - ligne 43 * * colonne 4, ligne 5 - ligne 28 * * colonne 4, ligne 55 - colonne 6, ligne 8 * * revendication 1 * ---	1,2,4,5, 7,9
A	US 4 999 484 A (KANEKO YUTAKA) 12 mars 1991 * abrégé; figures 6-8 * * colonne 11, ligne 56 - colonne 12, ligne 56 * ---	1-9
A	FR 2 471 610 A (THOMSON CSF) 19 juin 1981 * page 3, ligne 18 - ligne 28 * * page 5, ligne 6 - ligne 28 * ---	1,8
E	EP 0 766 317 A (CANON KK) 2 avril 1997 * figures 18-20 * * colonne 18, ligne 45 - colonne 19, ligne 27 * * colonne 20, ligne 29 - colonne 21, ligne 2 * -----	1
3		Date d'achèvement de la recherche
29 septembre 1997		Examinateur
Visscher, E		
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.